

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-286441

(43)公開日 平成10年(1998)10月27日

(51)Int.Cl.⁶

B 0 1 D 63/02

65/02

識別記号

5 2 0

F I

B 0 1 D 63/02

65/02

5 2 0

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平9-161166

(22)出願日 平成9年(1997)6月18日

(31)優先権主張番号 特願平9-27621

(32)優先日 平9(1997)2月12日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000001085

株式会社クラレ

岡山県倉敷市酒津1621番地

(72)発明者 三浦 勤

岡山県倉敷市酒津1621番地 株式会社クラレ内

(72)発明者 小森 愼次

岡山県倉敷市酒津1621番地 株式会社クラレ内

(72)発明者 小林 正志

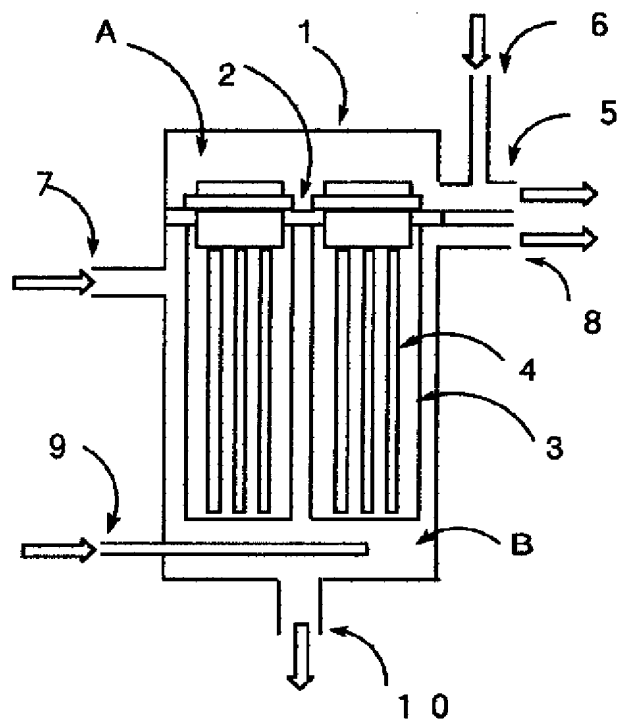
岡山県倉敷市酒津1621番地 株式会社クラレ内

(54)【発明の名称】 中空糸膜モジュールの洗浄方法およびその方法に用いる濾過装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 長期間安定的に連続した濾過運転が可能な中空糸膜モジュールの洗浄方法およびそのために用いる濾過装置を提供する。

【解決手段】 中空糸膜の原液側に液体を満たした状態で、中空糸膜の原液側から気体が放出される圧力よりも小さい圧力の気体を中空糸膜の滲液側から導入する加圧工程を行い、当該加圧工程中または加圧工程後に、中空糸膜の原液側を気泡で洗浄することを特徴とする。この洗浄方法に用いられる濾過装置は、滲液側および原液側にそれぞれ気体導入口6、9を備えた中空糸膜モジュール1と、該中空糸膜モジュール1に原液を供給する送液ポンプと、該中空糸膜モジュールに加圧気体を供給する加圧気体供給装置と、該送液ポンプおよび該加圧気体供給装置を作動させる制御装置とで構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中空糸膜の原液側に液体を満たした状態で、中空糸膜の原液側から気体が放出される圧力よりも小さい圧力の気体を中空糸膜の滲液側から導入する加圧工程を行い、当該加圧工程中または加圧工程後に、中空糸膜の原液側を気泡で洗浄することを特徴とする中空糸膜モジュールの洗浄方法。

【請求項2】 原液が中空糸膜の外表面側から供給され、中空糸膜の内表面側から滲液が取り出される外圧滲過方式である請求項1記載の中空糸膜モジュールの洗浄方法。

【請求項3】 加圧工程時に導入される気体の圧力が $1.0 \sim 5.0 \text{ kg/cm}^2$ の範囲にある請求項1または2記載の中空糸膜モジュールの洗浄方法。

【請求項4】 滲液側および原液側にそれぞれ気体導入口を備えた中空糸膜モジュールと、該中空糸膜モジュールに原液を供給する送液ポンプと、該中空糸膜モジュールに加圧気体を供給する加圧気体供給装置と、該送液ポンプおよび該加圧気体供給装置を作動させる制御装置とを備え、該制御装置が、中空糸膜モジュールへの原液の供給が停止された後に、中空糸膜の原液側が原液で満たされた状態で、中空糸膜の原液側から気体が放出される圧力よりも小さい圧力の気体が滲液側の気体導入口から中空糸膜モジュールに供給される加圧工程を行い、当該加圧工程中または加圧工程後に、中空糸膜の原液側の気体導入口から中空糸膜モジュールに気体が導入されて中空糸膜が気泡で洗浄される気泡洗浄工程を行うように構成されたことを特徴とする滲過装置。

【請求項5】 中空糸膜モジュールが、滲液側に滲液出口および気体導入口を有し、原液側に原液導入口、気体排出口、気体導入口および原液排出口を有している請求項4記載の滲過装置。

【請求項6】 加圧工程および気泡洗浄工程が、中空糸膜モジュールに設けられたバルブが制御装置により作動されることにより行われるように構成されており、該加圧工程は、原液側の気体排出口を開いた状態で、滲液側の気体導入口を開くことにより行われ、該気泡洗浄工程は、原液側の気体導入口より気体を導入することにより行われる請求項5記載の滲過装置。

【請求項7】 原液が中空糸膜の外表面側から供給され、中空糸膜の内表面側から滲液が取り出される外圧滲過方式である請求項4記載の滲過装置。

【請求項8】 中空糸膜モジュールが、1本または複数本の中空糸膜エレメントが装着されて構成されている請求項4記載の滲過装置。

【請求項9】 中空糸膜の一端が1本ずつ固定されない状態で封止された片端フリータイプの中空糸膜エレメントである請求項8記載の滲過装置。

【請求項10】 中空糸膜が親水性高分子からなる請求項4記載の滲過装置。

【請求項11】 中空糸膜がポリビニルアルコール系樹脂により親水化されたポリスルホン系樹脂、親水性高分子が添加されたポリスルホン系樹脂またはポリビニルアルコール系樹脂からなる請求項10記載の滲過装置。

【請求項12】 反応槽と、アルカリ成分貯留タンクと、該反応槽中の原液に該アルカリ成分貯留タンクからアルカリ成分を注入するアルカリ成分注入ポンプと、酸化剤貯留タンクと、当該原液に該酸化剤貯留タンクから酸化剤を注入する酸化剤注入ポンプとを備えたイオン類の酸化析出装置を備え、該酸化析出装置によりイオン類が酸化析出された原液が中空糸膜モジュールに供給されるように構成されている請求項4記載の滲過装置。

【請求項13】 pH調整用の酸成分またはアルカリ成分の貯留タンクと、原液に酸成分またはアルカリ成分を注入する注入ポンプと、凝集剤貯留タンクと、該原液に該凝集剤貯留タンクから凝集剤を注入する凝集剤注入ポンプとを備えた凝集装置を備え、該凝集装置により凝集された原液が中空糸膜モジュールに供給されるように構成されている請求項4記載の滲過装置。

【請求項14】 油水分離装置を備え、該油水分離装置を通過した原液が中空糸膜モジュールに供給されるように構成されている請求項4記載の滲過装置。

【請求項15】 油水分離装置がオイルスキマー、加圧浮上装置、コアレッサーまたは電気式油水分離装置である請求項14記載の滲過装置。

【請求項16】 循環滲過方式の滲過装置であって、原液が油水分離装置と中空糸膜モジュールとの間を循環するように構成された請求項14記載の滲過装置。

【請求項17】 原液が貯留される濃縮槽を備え、濃縮槽に貯留した原液中の油分が油水分離装置により除去された後、油分除去後の原液が中空糸膜モジュールに供給され、該中空糸膜モジュールを通過した循環液が該濃縮槽に戻るよう構成された請求項16記載の滲過装置。

【請求項18】 荷電式凝集装置を備え、該荷電式凝集装置を通過した原液が中空糸膜モジュールに供給されるように構成されている請求項4記載の滲過装置。

【請求項19】 中空糸膜の薬液洗浄用の薬液タンクと、該薬液タンクに貯留された薬液を送液する薬液送液ポンプとを備え、中空糸膜モジュールの原液側に該薬液が供給されるように構成された請求項4記載の滲過装置。

【請求項20】 電解水製造装置と、電解水製造装置の電解水貯留タンクに貯留された電解水を送液する電解水送液ポンプとを備え、電解水が中空糸膜モジュールに導入されることにより中空糸膜を洗浄するように構成された請求項4記載の滲過装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は中空糸膜モジュールの洗浄方法およびその方法に用いる滲過装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、中空糸膜による分離技術の開発が進み、水の滲過をはじめ様々な用途に広く用いられている。しかし、中空糸膜による滲過の過程では、SSと呼ばれる原液中の懸濁物質等の固形物が中空糸膜表面に付着し、または微多孔に侵入し、経時的に透過流束の低下が生じる。そこで、安定して長期的に滲過運転を継続するためには、滲過条件の設定と同時に有効な中空糸膜の洗浄方法の開発が不可欠とされている。

【0003】従来、中空糸膜モジュールの洗浄方法として、種々の方法が検討されてきたが、これらは物理的洗浄方法と、化学的洗浄方法とに大別できる。物理的洗浄方法としては、スポンジボール、高圧水流などにより強制的に付着物質をかき取る方法、水、透過液などの液体を滲液側から原液側へ通過させる液体逆洗法、加圧気体を滲液側から原液側へ通過させる気体逆洗法（特開昭53-108882号公報、特表平1-500732号公報などを参照）、原液側に気泡を噴出させるバブリング法、超音波法、電気泳動法などをはじめ、多種多様な方法が提案されている。これらの中で、一般には液体逆洗法、気体逆洗法およびバブリング法が単独でまたは適宜組み合わせられて広く実施されている。また、化学的洗浄方法としては、酸、アルカリ水溶液、洗浄剤などの薬液により、付着物を溶解除去する方法が知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に、従来公知の物理的洗浄方法を用いた場合、その洗浄効果は必ずしも満足できるレベルにはなく、例えば滲過工程と洗浄工程とをシーケンスコントロールなどによって連続して運転した場合、数日から数カ月程度で透過流束が大きく低下する。そこで、透過流束を回復するために、化学的洗浄を行う必要が生じる。一般的な液体逆洗法では、逆洗用ポンプの設置が必要となり、また、膜滲過により得られた透過液を逆洗浄に使用するため、液体逆洗法は効率的な方法であると言い難い。気体逆洗法では、多量の高圧気体が必要となるため、大容量のエアコンプレッサーなどを備えた加圧気体供給装置が必要となり、さらに、逆洗時に高圧気体が噴出されることによる騒音が問題となる場合がある。一方、酸などの薬液を用いた化学的洗浄方法を実施する場合、滲過を一旦完全に停止し、次いで薬液で洗浄し、洗浄後に薬液を除去する工程を必要とすることから、長期間、滲過を停止せざるを得ず、さらに、多量の洗浄廃液を処理しなければならないという課題もある。したがって、より長期間の連続した滲過運転を可能とするには、有効な物理的洗浄方法の開発が必要である。

【0005】本発明の目的は、従来の方法に比較して卓越した洗浄効果を有し、長期間の連続した滲過運転が可能な中空糸膜モジュールの洗浄方法を提供することにある。また、本発明の目的は、この洗浄方法を行うのに有

効な、設置スペースおよび設備費の低減が可能な滲過装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決する本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法は、中空糸膜の原液側に液体を満たした状態で、中空糸膜の原液側から気体が放出される圧力よりも小さい圧力の気体を中空糸膜の滲液側から導入する加圧工程を行い、当該加圧工程中または加圧工程後に、中空糸膜の原液側を気泡で洗浄することを特徴とする。ここで、中空糸膜の原液側から気体が放出される圧力よりも小さい圧力とは、十分に濡れた中空糸膜に対して気体による加圧工程を行った際、気体が中空糸膜の微多孔を通過して、反対側の中空糸膜表面から気泡が放出されるときに加圧気体の圧力であり、その値は中空糸膜の孔径および中空糸膜を濡らす液体の界面張力によりそれぞれ異なる。すなわち、本発明の洗浄方法は、中空糸膜内部に導入された気体が中空糸膜の外側の表面から放出されない程度の圧力の気体を導入する点で、従来の気体を用いた中空糸膜の逆洗浄方法と明確に相違している。なお、本明細書において、この圧力をバブルポイントと称する。

【0007】本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法が、従来の洗浄方法に比較して格段に優れた洗浄効果を発現する理由は定かではないが、本発明者らが現時点で推定している本発明の作用について、図4および図5に示す外圧滲過方式を例として、以下に説明する。

【0008】図4は、透過液を用いた従来の洗浄方法を行った場合における、1本の中空糸膜を横断面方向から見たときの透過液の流れを示す図である。図5は、本発明の洗浄方法において、中空糸膜の原液側に液体を満たした状態で加圧気体を導入した場合における、1本の中空糸膜を横断面方向から見たときの透過液の流れを示す図である。ここでは、一端を固定しない状態で封止した片端フリータイプの中空糸膜の滲液側（内表面側）に、ポンプを使用して透過液を流した場合を示している。図4および図5において、中空糸膜の内側から外側に向かう矢印は、中空糸膜の壁面から中空糸膜外側の原液側に流出する透過液を示し、この矢印の長さは透過液の流量の大小を表している。図4に模式的に図示するように、従来の洗浄方法で中空糸膜に導入された透過液は、圧力損失の小さい透過液導入部付近から優先的に中空糸膜の壁面を通じて原液側に流出するため、圧力損失の大きい中空糸膜端部には、膜を洗浄するために十分な透過液が流れないことが多い。そこで、中空糸膜全体を均一かつ効果的に逆洗浄するためには、新膜時の純水透水性に匹敵する程度の多量の透過液を高圧で中空糸膜に供給することが必要となるが、現実にはこのような操作を行うことは困難である。これに対して、図5に示す本発明の洗浄方法では、中空糸膜の原液側に液体を満たした状態で、中空糸膜のバブルポイント未満の圧力の気体を中空糸膜の

汙液側から導入する加圧工程を行う。図5のaからdに示すように、加圧気体により中空糸膜内部の透過液が中空糸膜の壁面を通過して原液側へ排出されるのに伴って、中空糸膜内部の透過液液面が順次低下する。このとき、圧力損失の小さい液面付近が優先的に逆洗浄されるため、中空糸膜内部の透過液液面が低下するにしたがって、中空糸膜の端部までの全体が均一に洗浄される。以上、模式図により説明したように、本発明の洗浄方法では中空糸膜全体を透過液によって均一に洗浄することが可能となり、従来の透過液を用いた洗浄方法と比較して、格段に優れた洗浄効果が発揮されるものと考えられる。中空糸膜の汙液側から加圧気体を導入することにより中空糸膜を洗浄する技術としては、前述した気体逆洗法がある（特開昭53-108882号公報、特表平1-500732号公報などを参照）が、これらの公報に記載された技術は、中空糸膜のバブルポイント以上の加圧気体を導入して、中空糸膜の原液側へ気体を通過させるものである。本発明において、中空糸膜の汙液側に導入される加圧気体はバブルポイント未満の圧力であり、上述の通り、本発明は中空糸膜に気体を通過させることによって、中空糸膜を洗浄しようとする技術ではない。この点で、本発明の洗浄方法は従来の洗浄方法と異なるものである。

【0009】また、本発明の洗浄方法によれば、図5のeに示すように、中空糸膜内部の透過液の全てが中空糸膜から排出され、透過液による洗浄が終了した後に、中空糸膜が内部から気体により加圧されて、外側方向へ膨張する力を受け、図5e中に破線で示すように中空糸膜が膨脹する。このとき、中空糸膜の外側に付着したSS成分に剥離または亀裂が生じ、この加圧工程中または加圧工程後に行われる気泡による洗浄工程でSS成分が脱落しやすくなる。このように、本発明の洗浄方法では、気体による加圧工程によって、中空糸膜に微細な寸法変化が生じ、付着したSS成分に剥離または亀裂が生じることが、従来の透過液を用いた洗浄方法と比較して、格段に優れた洗浄効果が発揮される他の一つの理由であると考えられる。

【0010】上記本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法は、汙液側および原液側にそれぞれ気体導入口を備えた中空糸膜モジュールと、該中空糸膜モジュールに原液を供給する送液ポンプと、該中空糸膜モジュールに加圧気体を供給する加圧気体供給装置と、該送液ポンプおよび該加圧気体供給装置を作動させる制御装置とを備え、該制御装置が、中空糸膜モジュールへの原液の供給が停止された後に、中空糸膜の原液側が原液で満たされた状態で、中空糸膜の原液側から気体が放出される圧力よりも小さい圧力の気体が汙液側の気体導入口から中空糸膜モジュールに供給される加圧工程を行い、当該加圧工程中または加圧工程後に、中空糸膜の原液側の気体導入口から中空糸膜モジュールに気体が導入されて中空糸膜が

気泡で洗浄される気泡洗浄工程を行うように構成された汙過装置を用いて行うことができる。この汙過装置には、後述するように、その用途に応じてイオン類の酸化析出装置などの前処理装置を設けることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明で使用される中空糸膜としては、ポリビニルアルコール系樹脂により親水化処理されたポリスルホン系樹脂、親水性高分子が添加されたポリスルホン系樹脂、ポリビニルアルコール系樹脂、ポリアクリロニトリル系樹脂、酢酸セルロース系樹脂、親水化処理されたポリエチレン系樹脂などの親水性素材からなるものが、高い親水性を有するためにSS成分の難付着性、付着したSS成分の剥離性に優れている点で好ましいが、他の素材で構成された中空糸膜を用いることもできる。例えば、ポリオレフィン系、ポリスルホン系、ポリエーテルスルホン系、エチレンービニルアルコール共重合体系、ポリアクリロニトリル系、酢酸セルロース系、ポリフッ化ビニリデン系、ポリパーフルオロエチレン系、ポリメタクリル酸エステル系、ポリエステル系、ポリアミド系などの有機高分子系の素材で構成された中空糸膜、セラミック系などの無機系の素材で構成された中空糸膜などを使用条件、所望する汙過性能などに応じて選択することができる。ここで、ポリビニルアルコール系樹脂により親水化処理されたポリスルホン系樹脂、親水性高分子が添加されたポリスルホン系樹脂またはポリビニルアルコール系樹脂からなる中空糸膜は、上記した親水性に優れるのみならず、耐熱性にも優れることから、特に好ましい。有機高分子系の素材を使用する場合、30モル%以内の量で他成分を共重合したもの、または30重量%以内の量で他の素材をブレンドしたものであってもよい。

【0012】有機高分子系の中空糸膜を使用する場合、中空糸膜の製造方法は特に限定されることはなく、素材の特性および所望する中空糸膜性能に応じて、公知の方法から適宜選択した方法を採用することができる。一般的には溶融紡糸法、湿式紡糸法、乾湿式紡糸法などが採用される。また、透水性の観点から、中空糸膜は緻密層と支持層とを有する非対称構造を持つことが好ましいが、一般に溶融紡糸法により製造される中空糸膜は対称構造となることから、湿式紡糸法、乾湿式紡糸法などの相転換法により製造することが好ましい。

【0013】本発明で使用される中空糸膜の孔径は特に限定されないが、0.001～1ミクロンの範囲内であることが、高い透水性を有し、汙過効率が低下するおそれが小さいことから好ましい。なお、ここでいう孔径とは、コロイダルシリカ、エマルジョン、ラテックスなどの粒子径が既知の各種基準物質を中空糸膜で汙過した際に、その90%が排除される基準物質の粒子径をいう。孔径は均一であることが好ましい。限外汙過膜であれば、上記のような基準物質の粒子径に基づいて、孔径を

求めることは不可能であるが、分子量が既知の蛋白質を用いて同様の測定を行ったときに、分画分子量が3000以上であるものが好ましい。

【0014】中空糸膜の力学的性質およびモジュールとしての膜面積の観点から、中空糸膜の外径は200～3000ミクロンの範囲内に設定することが好ましく、500～2000ミクロンの範囲内であることがより好ましい。同様に中空糸膜の厚さは50～700ミクロンの範囲内にあることが好ましく、100～600ミクロンの範囲内であることがより好ましい。

【0015】本発明において、該中空糸膜はモジュール化されて汙過に使用される。汉過方法、汉過条件、洗淨方法などに応じてモジュールの形態を適宜選択することができ、1本または複数本の中空糸膜エレメントを装着して中空糸膜モジュールを構成しても良い。モジュールの形態としては、例えば数十本から数十万本の中空糸膜を束ねてモジュール内でU字型にしたもの、中空糸繊維束の一端を適当なシール材により一括封止したもの、中空糸繊維束の一端を適当なシール材により1本ずつ固定されていない状態（フリー状態）で封止したもの、中空糸繊維束の両端を開口したものなどが挙げられる。また、中空糸膜モジュールの形状も特に限定されることなく、例えば円筒状であってもスクリーン状であってもよい。本発明の洗淨方法では、気泡による膜表面洗淨効果が極めて高くなることから、中空糸繊維束の一端を1本ずつフリー状態で封止した「片端フリー」タイプのモジュールを用いることが特に好ましい。

【0016】本発明で使用される中空糸膜モジュールによる汉過の方式としては、外圧全汉過、外圧循環汉過、内圧全汉過、内圧循環汉過などが挙げられ、所望の処理条件、処理性能に応じて適宜選択することができる。膜寿命の点では汉過塗膜表面の洗淨を同時に行うことのできる循環方式が好ましく、設備の単純さ、設置コスト、運転コストの点では全汉過方式が好ましい。本発明の洗淨方法では、気泡による膜表面の洗淨を行う際に、中空糸膜同士がこすれ合うことによる洗淨効果が発現することから、外圧汉過方式がより好ましい。

【0017】本発明においては、中空糸膜の原液側に液体を満たした状態で、中空糸膜の汉液側から中空糸膜のバブルポイント未満の圧力の気体を導入する加圧工程を行うが、加圧に用いる気体としては空気、窒素などが挙げられる。該加圧工程時および後述する気泡による膜表面洗淨時には、中空糸膜の原液側が液体で満たされていることが必要である。加圧工程に使用する気体の圧力は、中空糸膜のバブルポイント、中空糸膜の破裂圧力および中空糸膜モジュールの耐久圧力のうち最も低い値を超えない範囲内で選択されるが、中空糸膜のバブルポイントおよび破裂圧力がいずれも5.0 kg/cm² よりも大きい場合は、加圧気体の圧力が1.0～5.0 kg/cm² の範囲内にあることが好ましく、1.5～3.

0 kg/cm² の範囲内にあることがより好ましい。加圧気体の圧力が1.0 kg/cm² 未満の場合は、本発明の効果が十分に発現しないおそれがある。中空糸膜のバブルポイント、中空糸膜の破裂圧力および中空糸膜モジュールの耐久圧力のうち少なくとも一つが5.0 kg/cm² よりも小さい場合には、加圧気体の圧力の上限はそれに対応して小さくなる。

【0018】気体による加圧工程を実施する時間は、中空糸膜モジュールの汉液側の液体を完全に排出することが可能な時間以上であることが必要であるが、加圧気体の単位時間当たりの導入量と中空糸膜モジュールの汉液側の体積とにより加圧工程に要する時間が異なる。外圧汉過方式の場合には、中空糸膜の内部体積をも考慮して加圧時間を設定する必要がある。

【0019】気体による加圧工程の際には、加圧気体の注入部と中空糸膜モジュールとを接続する配管の中および中空糸膜モジュールの中に満たされた汉液により、逆洗淨が行われる。例えば、該配管中の中間部に透過液タンクなどの滞留部を設けることにより、逆洗淨時の液量を増やすこともできる。

【0020】本発明においては、上記した気体による加圧工程中または加圧工程後に、中空糸膜の原液側を気泡で洗淨するが、この気泡洗淨工程で用いる気体として、空気、窒素などが挙げられる。気泡の供給量は特に限定されないが、膜洗淨効果が高く、膜破損のおそれが小さいことから、気泡の供給量が中空糸膜の面積1 m² あたり5～500ノルマルリットル/時の範囲内にあることが好ましく、10～300ノルマルリットル/時の範囲内にあることがより好ましい。上記した「片端フリー」タイプのモジュールを使用した場合、気泡による膜表面洗淨効果が極めて高くなる。

【0021】汉過後または逆洗淨後に中空糸膜を薬液洗淨して、中空糸膜に付着した有機物、無機物などを溶解除去することもできる。ここで、薬液洗淨の方法としては、有機物、無機物などを除去するために水酸化ナトリウム水溶液などのアルカリで処理する方法、金属類を除去するために酸水溶液などの酸で処理する方法、洗淨剤で処理する方法、これらを組み合わせて連続的に行う方法などがあり、これによって中空糸膜の再生が可能である。

【0022】これまでに述べてきた汉過、気体による加圧工程、気泡による洗淨、薬液洗淨などの一連の工程は、制御装置によってシーケンスコントロールを行うことにより自動的に行うようにすることが可能である。例えば一定時間汉過を行った後、気体による加圧工程および気泡による膜表面洗淨を1回ないし数回実施し、次いで、必要に応じて1回ないし数回水洗を行い、その後薬液洗淨を行うという一連の洗淨工程をシーケンスコントロールにより自動的にかつ連続的にを行い、汉過と中空糸膜および汉過ラインの洗淨工程とを交互に繰り返しながら

長期間安定的に運転を継続することが可能である。また、汙過工程と洗浄工程とをシーケンスコントロールにより連続的に繰り返し、目詰まりが大きくなった時点で手動により薬液洗浄する、いわゆるセレクトスイッチ方式で長期間安定的に運転を継続することも可能である。

【0023】本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法は、中空糸膜を構成する素材、モジュールの形状を問わず、従来の洗浄方法よりも卓越した洗浄効果が発現されることから、極めて広範な用途において、従来よりも高い透過流束で長期間連続して安定的な汙過を行うことが可能である。例えば食品工業分野では、原料水の除菌・除濁・除鉄・除マンガン、洗浄用水の除菌・微粒子除去、天然水の除菌・微粒子除去、醤油の除菌・精製、清酒の除菌・精製、食酢の除菌・精製、みりんの精製・調味液の除菌・精製、醸造オリからの製品回収、糖液の除菌・微粒子除去・精製、ハチミツの精製、酵素・蛋白質の精製・濃縮、発酵液の精製、チーズホエーからの蛋白質の回収精製、ミルクの濃縮による高蛋白乳の製造、水産加工排水からの蛋白質回収、魚肉蛋白の濃縮、肉加工廃棄物からの肉蛋白質の回収、豚の血液からの赤血球の分離、血液中のアルブミンとグロブリンの濃縮精製、大豆ホエーからの生理活性物質の回収・精製、大豆煮汁からの蛋白質回収、あぶらな蛋白の毒素除去と蛋白質濃縮、じゃがいもでんぷん工業廃水からの有用蛋白質の回収、天然色素の回収精製、各種酵素の回収精製、液体飲料の澄清化と除菌、柑橘類・リンゴペクチン液の濃縮、バクテリア細胞および代謝物質の回収による発酵液の精製などの用途で使用可能であり、また、医療分野では、原料となる純水・超純水製造装置の前処理、洗浄用水のパイロジェン除去、注射用水製造、透析用水製造、透析液の精製、ワクチン・酵素・ビールス・核酸・蛋白質などの生理活性物質の分離・濃縮・精製、ホルモンの精製、人口血液の製造、多糖類の濃縮精製、病院手洗い水の除菌、手術器具洗浄水の除菌などの用途に使用可能であり、電子工業分野では、逆浸透膜の前処理、超純水のファイナルフィルター、超純水のユースポイントフィルター、超純水のユニット組み込みフィルター、洗浄水の微粒子除去、研磨排水の回収、ダイシング排水の回収などの用途で使用可能であり、化学工業分野では、塗料の濃縮・回収、油剤の分離・回収、エマルジョンの分離・回収、コロイドの分離・回収、微粉体の洗浄精製、洗浄水の微粒子除去、メッキ液の精製、電気透析の前処理などの用途で使用可能であり、水処理分野では、中水道のMLSS除去、排水の三次処理、排水の回収・再利用、原子力発電排水の精製、バクテリアの除去などの用途で使用可能であり、繊維・染色加工分野では、PVA糊抜き排水のクローズド化、繊維加工油剤の回収・再利用、洗毛排水からのラノリンの回収、絹糸加工排水からのセリシンの回収などの用途で使用可能であり、鉄鋼・機械加工分野では、バレル研磨排水の回収、バフ研磨排水の

回収、圧延油排水処理、水溶性切削油排水処理、動植物油加工排水の処理、脱脂洗浄排水からのエマルジョン除去・洗浄剤回収、リンス水のエマルジョン除去・リンス水回収、スクリーン版洗浄剤からのインク類除去などの用途で使用する事が可能である。

【0024】次に、本発明の汙過装置の一例を図面にて説明する。図1は上記の洗浄方法を行うために使用することができる外圧型中空糸膜モジュールを用いた汙過装置の一例の概略構成図である。この汙過装置において、中空糸膜エレメント4が収納された中空糸膜モジュール1は、上部が汙液側A、下部が原液側Bになるように仕切板2によって仕切られている。仕切板2には、中空糸膜エレメント4が収められた保護円筒3が中空糸膜エレメント4に対応した数だけ取り付けられている。汙液側Aには汙液出口5および加圧気体導入口6が設けられており、原液側Bには原液導入口7、気体排出口8、気体導入口9および原液排出口10が設けられている。すなわち、この汙過装置では、汙液側Aに加圧気体導入口6が、原液側Bに気体導入口9が設けられており、これがこの汙過装置の特徴となる。

【0025】次いで、本発明の汙過装置の運転方法の一例を、外圧全汙過方式を例として図2にしたがって説明する。全てのバルブを閉じた状態から、気体排出口バルブ24、原液導入口バルブ21および汙液出口バルブ23を開き、送液ポンプ29を作動させて汙過容器25の原液側Dに原液を導入し、気体排出口バルブ24から原液が溢れた後、気体排出口バルブ24を閉じて汙過を開始する。汙過時間の経過に伴い中空糸膜エレメント26の膜表面にはSS成分が付着し、汙過能力が低下するため、続いて、本発明の方法により中空糸膜を洗浄する。すなわち、送液ポンプ29を停止した後、汙過工程で開いている原液導入口バルブ21および汙液出口バルブ23を閉じて汙過を停止し、次いでエアーコンプレッサー30を作動させながら気体排出口バルブ24および加圧気体導入口バルブ22を開き加圧気体を汙過容器25の汙液側Cに導入して加圧工程を行う。この際、原液側Cおよび中空糸膜内の汙液が中空糸膜の壁面を通じて原液側Dに押し出され、気体排出口バルブ24より外部へ排出される。さらに、該加圧工程開始と同時にまたは該加圧工程を所定時間行った後、気体導入口バルブ28を開き、気泡による洗浄を所定時間実施する。上述した洗浄工程終了後、気体導入口バルブ28を閉じ、原液排出口バルブ27を開いてドレンを排出した後、汙過工程へ戻る。

【0026】図3には、図2に例示した汙過装置の基本的な運転方法について、各工程と作動バルブの開閉との相関を示す。ここで、図3中、丸印が付されているときに当該バルブが開いていることを意味する。この基本的な運転方法に加えて、ドレン排出と満水とを繰り返すことにより、中空糸膜表面および中空糸膜モジュール内部

の洗浄を行う工程、フラッシング洗浄工程など、必要に応じて他の工程を追加することも可能である。

【0027】本発明の汙過装置を、(1)反応槽と、水酸化ナトリウム水溶液などのアルカリ成分貯留タンクと、該反応槽中の原液に該アルカリ成分貯留タンクからアルカリ成分を注入するアルカリ成分注入ポンプと、次亜塩素酸ナトリウムなどの酸化剤貯留タンクと、当該原液に該酸化剤貯留タンクから酸化剤を注入する酸化剤注入ポンプとを備えた、鉄・マンガンなどのイオン類の酸化析出装置、(2)pH調整用の酸成分またはアルカリ成分の貯留タンクと、原液に酸成分またはアルカリ成分を注入する注入ポンプと、硫酸ばん土、ポリ塩化アルミニウム(PAC)などの凝集剤貯留タンクと、当該原液に該凝集剤貯留タンクから凝集剤を注入する凝集剤注入ポンプとを備えた凝集装置、(3)「1, 1, 1-トリクロロエタン代替洗浄システムへの転換促進に資する情報整備」(平成6年11月、産業基盤整備基金)の52〜54ページに記載されたようなフィルタエレメント方式油水分離装置、合体樹脂エレメント方式油水分離装置、加圧浮上装置、オイルスキマー、電気式油水分離装置、コアレッサーなどの各種油水分離装置、(4)「第2回フロン・トリエタン代替セミナー資料」(平成5年11月12日、長瀬産業株式会社電子部)に記載されているような荷電式凝集装置、(5)活性炭吸着装置などの、用途に応じた種々の前処理装置と組み合わせることにより、従来の膜汙過だけでは除去することが不可能なイオン類、フミン質などの微小な懸濁物を除去したり、膜の目詰まりの要因となる油分を除去したりすることができる。

【0028】図6に、反応槽と、アルカリ成分貯留タンクと、原液に該アルカリ成分貯留タンクからアルカリ成分を注入するアルカリ成分注入ポンプと、酸化剤貯留タンクと、当該原液に該酸化剤貯留タンクから酸化剤を注入する酸化剤注入ポンプとを備えたイオン類の酸化析出装置を備え、該酸化析出装置によりイオン類が酸化析出された原液が中空糸膜モジュールに供給されるように構成された本発明の汙過装置の一例を示す。この汙過装置の基本的な運転方法は次の通りである。すなわち、図6において、原液送液ポンプ36から反応槽35に至る配管途中に、アルカリ成分貯留タンク31中のアルカリ成分をアルカリ成分添加ポンプ32で所定量になるように添加し、次いで酸化剤貯留タンク33中の酸化剤を酸化剤注入ポンプ34で所定量になるように添加する。この際、添加するアルカリ成分としては水酸化ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液などが挙げられ、添加量としては、原水のpHが7.8以上、好ましくは8.0以上となる量を添加することが好ましい。また、酸化剤としては、次亜塩素酸ナトリウム水溶液、過マンガン酸ナトリウム水溶液、過酸化水素水溶液などが挙げられるが、取り扱いが容易なことから次亜塩素酸ナトリウム水

溶液が好ましい。酸化剤の添加量としては、酸化剤として例えば次亜塩素酸ナトリウム水溶液を使用する場合、中空糸膜モジュールを通過した汙液中の残留塩素濃度が0.1ppm以上となる量が好ましく、0.3ppm以上となる量がより好ましい。このようにしてアルカリ成分および酸化剤を注入された原液は、反応槽35での滞留中に鉄・マンガンなどのイオン類の酸化・析出反応が進行する。反応槽35の容量としては、原液の滞留時間が10〜120分、好ましくは20〜60分となるだけの容量を備えていることが好ましい。これまでに述べてきた酸化析出装置を備えた本発明の汙過装置により、これまで飲料水としては利用できなかった鉄・マンガンなどのイオン類が多い地下水などから、飲料水に適したレベルにまで鉄・マンガンなどを除去することが可能であり、さらに、本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法を採用することにより、長期間安定して運転することが可能となる。

【0029】次に、図7に、pH調整用の酸成分(またはアルカリ成分)の貯留タンクと、原液に酸成分(またはアルカリ成分)を注入する注入ポンプと、凝集剤貯留タンクと、該原液に該凝集剤貯留タンクから凝集剤を注入する凝集剤注入ポンプとを備えた凝集装置を備え、該凝集装置により凝集された原液が中空糸膜モジュールに供給されるように構成された本発明の汙過装置の一例を示す。この汙過装置の基本的な運転方法は次の通りである。すなわち、図7において、送液ポンプ29から原液導入口バルブ21に至る配管途中に、酸またはアルカリ成分貯留タンク41中の酸成分(またはアルカリ成分)を酸成分(またはアルカリ成分)添加ポンプ42で所定量添加し、次いで凝集剤貯留タンク43中の凝集剤を凝集剤注入ポンプ44で所定量添加する。この際、添加する酸成分またはアルカリ成分としては、塩酸水溶液、水酸化ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液、炭酸ナトリウム水溶液などが挙げられ、凝集剤としては、硫酸アルミニウム(硫酸ばん土)水溶液、ポリ塩化アルミニウム(PAC)水溶液、アルミン酸ナトリウム水溶液、塩化第2鉄水溶液、高分子凝集剤などが挙げられる。必要に応じて、酸成分(またはアルカリ成分)および凝集剤を添加した後、反応槽に貯留し、凝集反応を十分進行させ、この後、膜汙過装置に導入することも可能である。これまでに述べてきた凝集装置を備えた本発明の汙過装置により、これまで飲料水としては利用できなかったフミン質と呼ばれる有機成分を多量に含む地下水などから、飲料水に適したレベルにまで有機成分を除去することが容易であり、また微小な懸濁成分を含む排水処理などへ適用することも可能である。従来、硫酸アルミニウム、ポリ塩化アルミニウムなどの凝集剤を多量に添加した場合、中空糸膜の目詰まりが激しく長期間の安定運転は困難とされていたが、上記本発明の汙過装置を採用することにより、数百ppmオーダーで凝集剤を添加し

た場合でも長期間安定して運転することが可能となる。

【0030】図8に、電気式油水分離装置を備えた本発明の汙過装置の一例を示す。この汙過装置の基本的な運転方法は次の通りである。すなわち、原液を送液ポンプ51により荷電フィルター52およびコアレッサー53からなる電気式油水分離装置に導入して油分を除去した後、送液ポンプ29により中空糸膜モジュール26へ原液を導入する。この汙過装置では、循環バルブ54を一部開放（または全開放）することにより原液を循環させ、循環汙過方式で汙過が行われる。循環液は一部または全量が、再度、荷電フィルター52およびコアレッサー53からなる電気式油水分離装置に導入され、油水分離と膜汙過とが連続して実施される。また、原液が貯留される濃縮槽を設置し、濃縮運転を行うことも可能である。これまでに述べてきた油水分離装置を備えた本発明の汙過装置により、油剤の分離・回収、エマルジョンの分離・回収、圧延油排水処理、水溶性切削油排水処理、動植物油加工排水の処理、脱脂洗浄排水からのエマルジョン除去・洗浄剤回収、リンス水のエマルジョン除去・リンス水回収などの用途への膜汙過技術の適用が可能となり、しかも本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法を採用することにより、長期間安定的に運転を継続することが可能となる。

【0031】図9に、荷電式凝集装置を備え、該荷電式凝集装置を通過した原液が中空糸膜モジュールに供給されるように構成された本発明の汙過装置の一例を示す。この汙過装置の基本的な運転方法は次の通りである。すなわち、原液を送液ポンプ29で荷電凝集装置61に導入し、荷電凝集効果によりSS成分の凝集を進行させた後、中空糸膜モジュール26へ導入する。荷電凝集装置61の内部には、直流（または交流）の電源63に接続された電極62が設置されており、原液が電極62により形成された電場の中を通過する際に、電気的中和作用によるSS成分の凝集・肥大化が生じ、膜汙過装置での分離性能が向上するとともに目詰まりの進行を軽減することが可能である。

【0032】図10に、中空糸膜の薬液洗浄用の薬液タンクと、薬液送液ポンプとを備え、中空糸膜モジュールの原液側に該薬液が供給されるように構成された本発明の汙過装置の一例を示す。この汙過装置の基本的な運転方法は次の通りである。すなわち、原液導入バルブ21、気体排出口バルブ24、薬液導入バルブ73を開いた状態で薬液送液ポンプ73を作動させて薬液洗浄用薬液タンク71に貯留された酸、アルカリなどの薬液を中空糸膜モジュール内に導入し、中空糸膜モジュールの薬液洗浄を実施する。必要に応じて原液排出バルブ27および薬液排出バルブ75を開いて薬液を循環させ、循環薬液洗浄を実施することも可能である。これまでに述べてきた薬液洗浄装置を備えた本発明の汙過装置を使用することにより、中空糸膜モジュールを取り外すことなく

中空糸膜の薬液洗浄を実施することが可能となる。

【0033】図11に、電解水製造装置と、電解水送液ポンプとを備え、電解水が中空糸膜モジュールに導入されることにより中空糸膜を洗浄するように構成された本発明の汙過装置の一例を示す。この汙過装置の基本的な運転方法は次の通りである。すなわち、電解水貯留タンク81に貯留した水に電解質貯留タンク83に貯留された塩化ナトリウムなどの電解質を電解質注入ポンプ84で注入し、送液ポンプ85で電解槽86に導いて電解水の製造を行う。電解槽86としては、多孔質膜、イオン交換膜などの隔膜により陽極室と陰極室とを分離したもの、無隔膜のものなどが挙げられる。得られた電解水を原液導入口バルブ21、気体排出口バルブ24および電解水導入バルブ87を開いた状態で電解水送液ポンプ82を作動させて電解水貯留タンク81に貯留された電解水を中空糸膜モジュール内に導入し、中空糸膜モジュールの洗浄を実施する。必要に応じて原液排出バルブ27および薬液排出バルブ89を開いて薬液を循環させ、循環薬液洗浄を実施することも可能である。電解水の導入口を中空糸膜モジュールの汙液側に接続し、中空糸膜の電解水による逆洗浄を実施することも可能である。これまでに述べてきた電解水製造装置および電解水送液ポンプを備えた本発明の汙過装置を使用することにより、従来の薬液洗浄の他に電解水による中空糸膜の洗浄を中空糸膜モジュールを取り外すことなく実施することも可能となる。

【0034】本発明の汙過装置を、イオン交換樹脂、イオン交換膜、逆浸透膜、活性炭吸着装置、活性汚泥処理装置などの用途に応じた後処理装置と組み合わせて、汙液のさらなる浄化および精製を行うことも可能である。

【0035】また、本発明の汙過装置から排出される濃縮液またはドレンを、沈澱槽、凝集剤添加装置および反応槽からなる凝集装置、焼却装置などにより処理し、廃棄物量を低減することも可能である。

【0036】

【実施例】以下、実施例により本発明をより詳細に説明する。以下の実施例および比較例の結果から、本発明によれば、長期間の安定的な汙過が可能であることが明らかである。

【0037】実施例1

ポリビニルアルコールにより表面親水化処理されたポリスルホン系樹脂からなり、平均孔径0.1ミクロンであって、バブルポイントが5.0k g/cm^2 以上である中空糸膜よりなる膜面積7.0 m^2 の「片端フリー」タイプの中空糸膜モジュールを使用して、10～20℃の河川表流水を原水として、外圧全汙過方式、流量560リットル／時の条件で定流量汙過を行った。原水には、汙液中の遊離塩素濃度が1ppmとなるように、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を継続して添加した。中空糸膜の洗浄は、シーケンスコントロールにより30分に1回、

中空糸膜モジュールの汙液側に、圧力 2.0 kg/cm^2 の空気を導入することにより20秒間加圧操作し、次いで中空糸膜モジュールの原液側の下部から、圧力 1.0 kg/cm^2 の空気を600ノルマルリットル/時の流量で1分間噴出させて行った。汙過運転期間中、膜間差圧を定期的に測定し、差圧が 1.5 kg/cm^2 に達するまでの汉過時間を中空糸膜モジュールの汉過寿命とした場合、汉過寿命は65日間であった。

【0038】実施例2

ポリビニルアルコールにより表面親水化処理されたポリスルホン系樹脂からなる中空糸膜の代わりにポリビニルアルコール系樹脂からなり、平均孔径 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ であってバブルポイントが 5.0 kg/cm^2 以上である中空糸膜を使用した以外は同様にして、河川表流水の汉過を行った。膜間差圧で評価した汉過寿命は63日間であった。

【0039】実施例3

ポリビニルアルコールにより表面親水化処理されたポリスルホン系樹脂からなる中空糸膜の代わりに、親水化処理されたポリエチレン系樹脂からなり、平均孔径 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以上である中空糸膜よりなる膜面積 8.0 m^2 の「両端固定（中空糸膜の両端を固定したもの）」タイプの中空糸膜モジュールを使用した以外は同様にして、河川表流水の汉過を行った。膜間差圧で評価した汉過寿命は52日間であった。

【0040】実施例4

ポリアクリロニトリル系樹脂からなり、分画分子量3000であって、バブルポイントが 5.0 kg/cm^2 以上である中空糸膜よりなる膜面積 5.0 m^2 の「両端固定」タイプの中空糸膜モジュールを使用して、原水を中空糸膜の内部に線速 1 m/秒 の速度で流しながら、内圧循環汉過方式、流量300リットル/時の条件で定流量汉過を行った。中空糸膜の洗浄は、シーケンスコントロールにより30分に1回、中空糸膜モジュールの汉液側に、圧力 2.0 kg/cm^2 の空気を導入することにより20秒間加圧操作し、次いで中空糸膜の一端より圧力 1.0 kg/cm^2 の空気を500ノルマルリットル/時の流量で1分間噴出させて行った。汉過運転期間中、膜間差圧を定期的に測定し、差圧が 1.5 kg/cm^2 に達するまでの汉過時間を中空糸膜モジュールの汉過寿命とした場合、汉過寿命は55日間であった。

【0041】実施例5

ポリアクリロニトリル系樹脂からなり、分画分子量5000であって、バブルポイントが 5.0 kg/cm^2 以上である中空糸膜よりなる膜面積 5.0 m^2 の「両端固定」タイプの中空糸膜モジュールを使用して、原水を中空糸膜の外側に線速 0.5 m/秒 の速度で流しながら、外圧循環汉過方式、流量300リットル/時の条件で定流量汉過を行った。中空糸膜の洗浄は、シーケンスコン

トロールにより30分に1回、中空糸膜モジュールの汉液側に、圧力 2.0 kg/cm^2 の空気を導入することにより20秒間加圧操作し、次いで中空糸膜の一端より圧力 1.0 kg/cm^2 の空気を500ノルマルリットル/時の流量で1分間噴出させて行った。汉過運転期間中、膜間差圧を定期的に測定し、差圧が 1.5 kg/cm^2 に達するまでの汉過時間を中空糸膜モジュールの汉過寿命とした場合、汉過寿命は49日間であった。

【0042】実施例6

pH7.1で 2.1 ppm の鉄および 0.2 ppm のマンガンを含む井水に、水酸化ナトリウム水溶液を添加してpH8.2とした後、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を残留塩素濃度が 1 ppm となる量だけ添加して、さらに30分間滞留させることにより、鉄およびマンガンの酸化析出処理を行った。ポリビニルアルコールにより表面親水化処理されたポリスルホン系樹脂からなり、平均孔径 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ であって、バブルポイントが 5.0 kg/cm^2 以上である中空糸膜よりなる膜面積 7.0 m^2 の「片端フリー」タイプの中空糸膜エレメントを7本収納した総膜面積 49 m^2 のモジュールを使用し、外圧全汉過方式、流量3500リットル/時の条件で定流量汉過を行った。中空糸膜の洗浄は、シーケンスコントロールにより30分に1回、中空糸膜モジュールの汉液側に、圧力 3.0 kg/cm^2 の空気を導入することにより20秒間加圧操作し、次いで中空糸膜モジュールの原液側の下部より圧力 1.0 kg/cm^2 の空気を4200ノルマルリットル/時の流量で1分間噴出させて行った。汉過運転期間中、膜間差圧を定期的に測定し、差圧が 1.5 kg/cm^2 に達するまでの汉過時間を中空糸膜モジュールの汉過寿命とした場合、汉過寿命は77日間であった。

【0043】実施例7

フミン質を多量に含むとされる関東地方で取水した色度200、過マンガン酸カリウム消費量 45 mg/リットル である地下水に、凝集剤の1種であるJISK 1450-1997に適合した市販の液体硫酸ばん土を300ppm添加し、30分間攪拌・滞留させたものを使用した以外は実施例1と同様にして水の汉過を行った。膜間差圧で評価した汉過寿命は58日間であった。得られた汉液は色度0、過マンガン酸カリウム消費量 6.5 mg/リットル であり、その他の項目を含めて平成4年厚生省令第69号により定められた水質基準に適合していた。

【0044】実施例8

JISK 0102 14.1に定められた方法で測定したSS濃度が 30 mg/L であるICチップ製造用シリコンウエハーのダイシング排水を原水とし、ポリビニルアルコールにより表面親水化処理されたポリスルホン系樹脂からなり、平均孔径 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ であって、バブルポイントが 5.0 kg/cm^2 以上である中空糸

膜よりなる膜面積 7.0m^2 の「片端フリー」タイプの中空糸膜エレメントを7本収納した総膜面積 49m^2 のモジュールを使用して、外圧全滲過方式、流量 1500 リットル/時の条件で定流量滲過を行った。中空糸膜の洗浄は、シーケンスコントロールにより3時間に1回、中空糸膜モジュールの滲液側に、圧力 $1.8\text{kg}/\text{cm}^2$ の空気を導入することにより20秒間加圧操作し、次いで中空糸膜モジュールの原液側の下部より圧力 $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ の空気を 4200 ノルマルリットル/時の流量で1分間噴出させて行った。滲過運転期間中、膜間差圧を定期的に測定し、差圧が $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$ に達するまでの滲過時間を中空糸膜モジュールの滲過寿命とした場合、滲過寿命は98日間であった。

【0045】実施例9

JIS K 0102 14.1に定められた方法で測定したSS濃度が $1000\text{mg}/\text{L}$ であるコンデンサー部品のバレル研磨排水を原水とし、ポリビニルアルコールにより表面親水化処理されたポリスルホン系樹脂からなり、平均孔径 0.1 ミクロンであって、バブルポイントが $5.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上である中空糸膜よりなる膜面積 7.0m^2 の「片端フリー」タイプの中空糸膜エレメントを3本収納した総膜面積 21m^2 のモジュールを使用して、外圧全滲過方式、流量 1500 リットル/時の条件で定流量滲過を行った。中空糸膜の洗浄は、シーケンスコントロールにより30分に1回、中空糸膜モジュールの滲液側に、圧力 $1.9\text{kg}/\text{cm}^2$ の空気を導入することにより20秒間加圧操作し、次いで中空糸膜モジュールの原液側の下部より圧力 $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ の空気を 1800 ノルマルリットル/時の流量で1分間噴出させて行った。滲過運転期間中、膜間差圧を定期的に測定し、差圧が $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$ に達するまでの滲過時間を中空糸膜モジュールの滲過寿命とした場合、滲過寿命は53日間であった。

【0046】比較例1

実施例1において、滲液側からの気体による加圧操作を行わず、20秒間運転を停止した以外は同様にして、河川表流水の滲過を行った。膜間差圧で評価した滲過寿命は19日間であった。

【0047】比較例2

実施例1において、滲液側からの気体による加圧操作の代わりに、滲液側からポンプにより 1120 リットル/時の流量で5秒間滲液を供給して逆洗浄を行った以外は同様にして、河川表流水の滲過を行った。膜間差圧で評価した滲過寿命は23日間であった。

【0048】比較例4

実施例1において、中空糸膜モジュールの原液側の下部より空気を噴出させる気泡による洗浄を行わず、1分間運転を停止した以外は同様にして、河川表流水の滲過を行った。膜間差圧で評価した滲過寿命は20日であった。

【0049】

【発明の効果】本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法によって、長期間安定的に連続した滲過運転が可能となり、薬液洗浄の頻度を低減することが可能となる。本発明の滲過装置は、上記本発明の中空糸膜モジュールの洗浄方法のために用いることが有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の滲過装置に用いられる外圧型中空糸膜モジュールの一例を示す図である。

【図2】外圧型中空糸膜モジュールを使用した本発明の滲過装置の一例を示す図である。

【図3】図2に示す本発明の滲過装置の基本的な運転プログラムを示す図である。

【図4】従来の透過液逆洗時の透過液の流れを模式的に表した図である。

【図5】本発明の気体による加圧工程時の透過液の流れを模式的に表した図である。

【図6】イオン類の酸化析出装置を備えた本発明の滲過装置の一例を示す図である。

【図7】凝集反応装置を備えた本発明の滲過装置の一例を示す図である。

【図8】電気式油水分離装置を備えた本発明の滲過装置の一例を示す図である。

【図9】荷電式凝集装置を備えた本発明の滲過装置の一例を示す図である。

【図10】中空糸膜の薬液洗浄用薬液タンクと薬液送液ポンプとを備えた本発明の滲過装置の一例を示す図である。

【図11】電解水製造装置と電解水送液ポンプとを備えた本発明の滲過装置の一例を示す図である。

【符号の説明】

- A：滲液側
- B：原液側
- 1：中空糸膜モジュール
- 2：仕切板
- 3：保護円筒
- 4：中空糸膜エレメント
- 5：滲液出口
- 6：加圧気体導入口
- 7：原液導入口
- 8：気体排出口
- 9：気体導入口
- 10：原液排出口
- C：滲液側
- D：原液側
- 21：原液導入口バルブ
- 22：加圧気体導入口バルブ
- 23：滲液出口バルブ
- 24：気体排出口バルブ
- 25：滲過容器

- 26：中空糸膜モジュール

27：原液排出口バルブ

28：気体導入口バルブ

29：送液ポンプ

30：エアコンプレッサー

31：アルカリ成分貯留タンク

32：アルカリ成分注入ポンプ

33：酸化剤貯留タンク

34：酸化剤注入ポンプ

35：反応槽

36：原水送液ポンプ

41：酸成分（またはアルカリ成分）貯留タンク

42：酸成分（またはアルカリ成分）注入ポンプ

43：凝集剤貯留タンク

44：凝集剤注入ポンプ

51：送液ポンプ

52：荷電フィルター

53：コアレッサー
- 54：循環バルブ

61：荷電式凝集装置

62：電極

63：電源

71：薬液洗浄用薬液タンク

72：薬液送液ポンプ

73：薬液導入バルブ

74：逆流防止弁

75：薬液排出バルブ

81：電解水貯留タンク

82：電解水送液ポンプ

83：電解質貯留タンク

84：電解質注入ポンプ

85：送液ポンプ

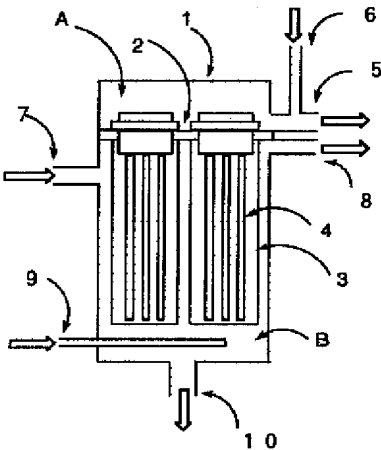
86：電解槽

87：電解水導入バルブ

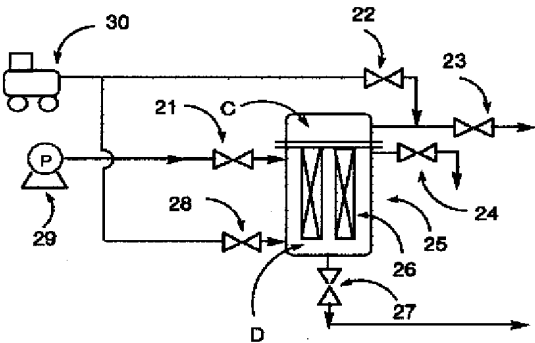
88：逆流防止弁

89：電解水排出バルブ

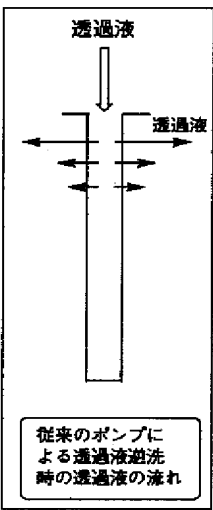
【図1】



【図2】



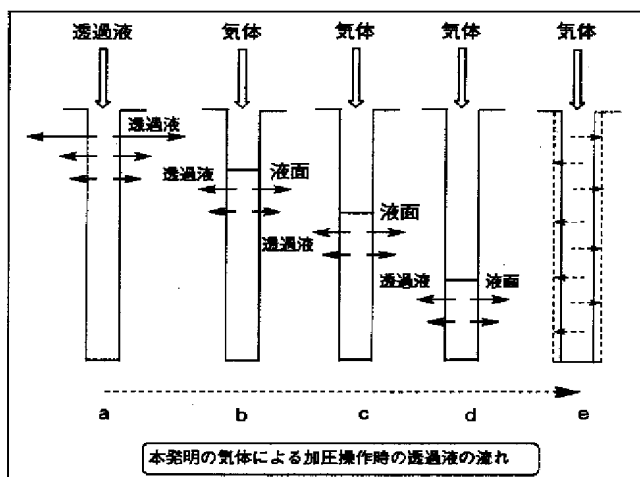
【図4】



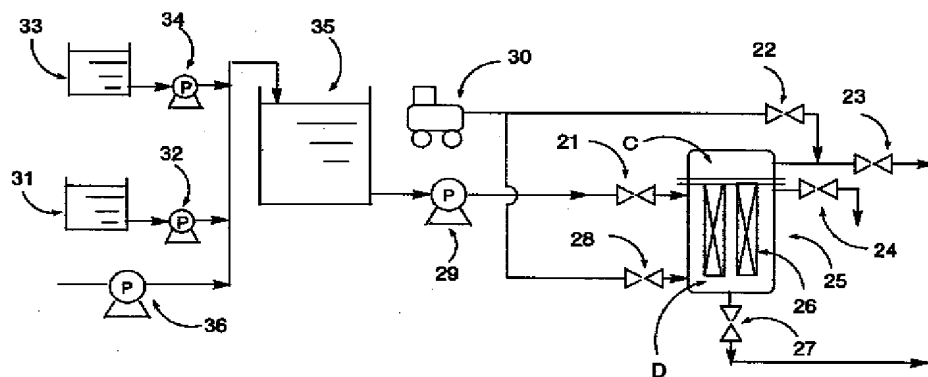
【図3】

		バルブNo.					
		21	22	23	24	27	28
工 程	1	気体による加圧操作	○		○		
	2	気泡による膜洗浄			○		○
	3	ドレン排出			○	○	
	4	満水	○		○		
	5	濾過	○		○		

【図5】

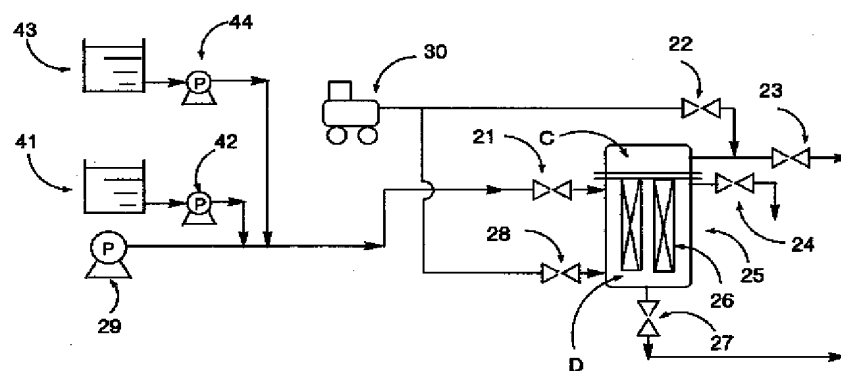


【図6】



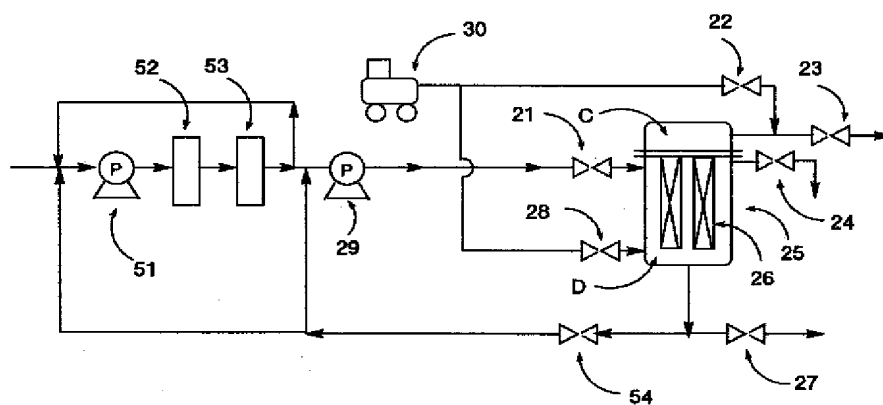
- 31 : アルカリ成分貯留タンク
- 32 : アルカリ成分注入ポンプ
- 33 : 酸化剤貯留タンク
- 34 : 酸化剤注入ポンプ
- 35 : 反応槽
- 36 : 原水送液ポンプ

【図7】



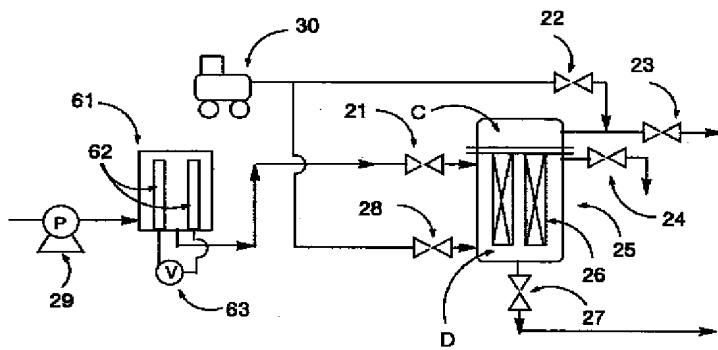
- 41 : 酸成分またはアルカリ成分貯留タンク
 42 : 酸成分またはアルカリ成分注入ポンプ
 43 : 凝集剤貯留タンク
 44 : 凝集剤注入ポンプ

【図8】



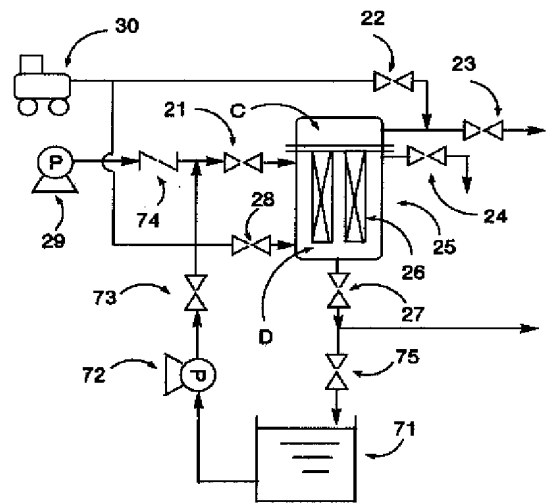
- 51 : 送液ポンプ
 52 : 荷電フィルター
 53 : コアレッサー
 54 : 循環バルブ

【図9】



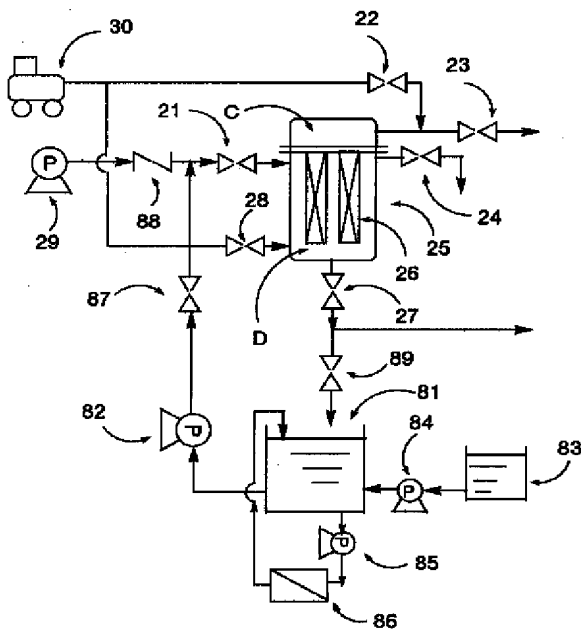
61 : 荷電酸集装置
62 : 電極
63 : 電源

【図10】



71 : 薬液洗浄用薬液タンク
72 : 薬液送液ポンプ
73 : 薬液導入バルブ
74 : 逆流防止弁
75 : 薬液排出バルブ

【図11】



81 : 電解水貯留タンク
82 : 電解水送液ポンプ
83 : 電解質貯留タンク
84 : 電解質注入ポンプ
85 : 送液ポンプ
86 : 電解槽
87 : 電解水導入バルブ
88 : 逆流防止弁
89 : 電解水排出バルブ